

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-084250

(43)Date of publication of application : 26.03.1999

(51)Int.Cl.

G02B 21/00

(21)Application number : 09-242883

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 08.09.1997

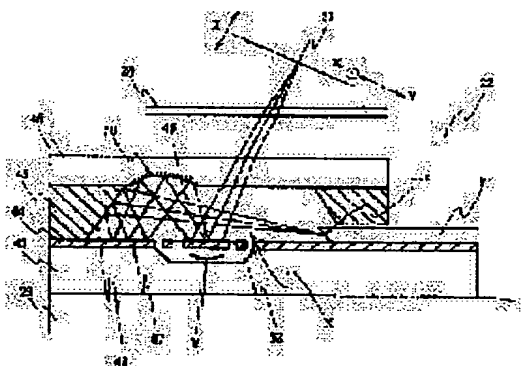
(72)Inventor : YAMAMIYA HIROYUKI
MURATA AKIKO

(54) OPTICAL SCANNING CONFOCAL MICROSCOPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a color image and a phosphor image by focusing light beams different in wavelength at the same position with an easy constitution.

SOLUTION: Laser beam returning from an object is guided from the end part 11c of a four-terminal coupler to the mirror unit 22 of a top end constituting part 4, then, the light is reflected by a mirror 49, next, reflected by a mirror 47, and then, reflected by a concave mirror 50. Besides, the return light is reflected by a scanning mirror 48, then, the focus 51 is formed by the light condensing work of the concave mirror 50. In the case the subject lies at the focal position and the laser beam is reflected by the subject, the reflected light passes through the same optical path as that of the incident light, then, the reflected light is made incident on the end part 11c of the four-terminal coupler 10 again. Light reflected by some position other than the focal position 51 does not pass through the same optical path as that of the incident light, so that the light is not made incident on the end part 11c of a single mode fiber 9.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-84250

(43)公開日 平成11年(1999)3月26日

(51)Int.Cl.⁴

G 0 2 B 21/00

識別記号

F I

G 0 2 B 21/00

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平9-242883

(22)出願日 平成9年(1997)9月8日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 山宮 広之

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 村田 明子

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

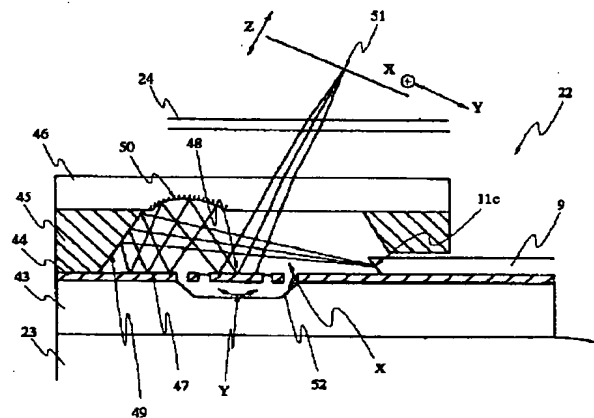
(74)代理人 弁理士 伊藤 進

(54)【発明の名称】 光走査型共焦点顕微鏡

(57)【要約】

【課題】 容易な構成で波長が異なる光を同じ位置で焦点を結ばせ、カラー画像や蛍光画像を得る。

【解決手段】 対象物からのレーザ光の戻り光は、4端子カブラの端部11cから先端構成部4のミラーユニット22へと導かれ、ミラー49で反射し、次にミラー47にて反射し、続いて凹面ミラー50に反射する。さらにこの戻り光はスキャンミラー48に反射し、凹面ミラー50の集光作用によって、焦点51を結ぶ。この焦点位置に物体があって光が反射される場合、反射光は入射光と同じ光路を通り、再び4端子カブラ10の端部11cに入射される。この焦点51以外からの反射光は、入射光と同じ光路を通ることができず、シングルモードファイバ9の端部11cに入射できない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検部に光を照射するための光源と、前記光源からの光を試料上で走査させる光走査部と、前記光走査部で走査された光の前記被検部からの戻り光を検出する光検出部とを備えた光走査型顕微鏡において、前記光走査部は、前記光源からの光を前記被検部に照射して焦点を結ばせるための少なくとも一つの凹面ミラーを具備することを特徴とする光走査型共焦点顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光走査型共焦点顕微鏡、更に詳しくは光源からの光を被検部に照射して焦点を結ばせる部分に特徴のある光走査型共焦点顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、生体組織や細胞を光軸方向に分解能の良く観察する手段として、光走査型の共焦点顕微鏡が知られている。しかし、この場合、通常の共焦点顕微鏡はサイズが大きく、サンプルは小さく切り出して顕微鏡に載せて観察される。

【0003】また、この共焦点顕微鏡を小さくして、生物の消化管などに誘導して観察する技術が、例えば文献“Micromashed scanning confocal optical microscope” OPTICS LETTERS Vol.21.No10.May,1996において、微小な共焦点顕微鏡の原理が記されている。

【0004】この微小な共焦点顕微鏡150は、図14に示すように、光源部151、光伝達部152、先端部153、光検出部154によって構成されている。

【0005】光源部151は、波長635nmのレーザ光を発生するヘリウムネオンレーザ光源155によって構成され、また、光伝達部152は、前記レーザ光源155のレーザ光が入射され、そのレーザ光を双方向に分岐するシングルモードファイバ156からなる4端子カブラ157によって構成されている。この4端子カブラ157の他端の一つは先端部153に接続され、もう一つの端部は閉塞されている。また、光検出部154は4端子カブラ157に設けられた光検出器であるフォトディテクタ158と、フォトディテクタ158に接続された画像処理部159で構成される。

【0006】先端部153は、図15に示すように、基板161、スペーサ162、上板163からなり、基板161は、レーザ光の焦点を対象物に対して走査するために向きが可変の2枚の可変ミラー164a、164bを有する。この2枚の可変ミラー164a、164bは2つのヒンジ部165a、165bによって支持され、このヒンジ部165a、165bを回転軸にして静電気力によって回転可動に構成されている。ここで、この2枚の可動ミラー164a、164bの回転軸は直交する図中のX軸及びY軸にそれぞれ平行になるように構成さ

れている。

【0007】また、図16に示すように、スペーサ162にはミラー166が、また上板163にはミラー167及びレーザ光に焦点168を結ばせるための回折格子レンズ169が設けられている。

【0008】これらの構成によって共焦点顕微鏡150では、レーザ光源155からのレーザ光は4端子カブラ157で二つの方向に分割され、その内の一方が先端部153に入射される。

10 【0009】このレーザ光は、ミラー166、可変ミラー164a、ミラー167、可変ミラー164bの順に反射し、回折格子レンズ169によって焦点168を結ぶように導かれ、さらに静電気力によって向きが可変の2枚の可変ミラー164a、164bによってその焦点168が略平面170上に走査される。

20 【0010】焦点168に物質がある場合は、反射光は照射されたレーザ光とまったく同じ光路を通して、4端子カブラ157のシングルモードファイバ156の端面171で焦点を結び、シングルモードファイバ156へ再び入射する。そして、シングルモードファイバ156へ再び入射したこの光は、4端子カブラ157によって分割され、フォトディテクタ158で検出されるようになっている。

30 【0011】また、焦点168に対象物が無い場合は、反射する光がなくシングルモードファイバ156にも光が入射されず、従ってフォトディテクタ158からも出力がない。また、レーザ光の焦点168からずれた位置にある物体からの反射光は、入射光とは異なる光路となり、シングルモードファイバ156の端面171で焦点を結ばず、従ってシングルモードファイバ156にはほとんど光が入射されず、フォトディテクタ158でもほとんど出力されない。

40 【0012】このようにして、レーザ光をミラー164a、164bでX、Y方向へ走査することによって、レーザ光の焦点168が走査する略平面170の反射と散乱の強度の変化を2次的に検出し、さらに画像処理部159はフォトディテクタ158からの信号を用いてこれを画像化することができる。さらに、これら先端部153に設けられたバイモルフ型圧電素子（図示せず）によって、先端部153と対象物との距離を変化させることにより、前記走査面を図16における法線方向172に移動させ、対象物を3次的に検出し、画像化することもできる。

【0013】

50 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の構成の従来の共焦点顕微鏡150においては、レーザ光の焦点を結ばせるための回折格子レンズ169を用いており、この回折格子レンズ169は、光の回折現象を用いているために、光の波長によってその焦点の結ぶ位置が異なる色収差がある。従って、複数の波長を含む光を

照射して、各反射光を検出してカラーの画像を撮ろうとしても、各波長の光ごとに焦点位置が異なるために、対象物の同じ位置に各光の焦点をあてることができず、カラーの画像を撮ることができないという問題がある。

【0014】また、生体組織や粘膜などの被検部を観察するときには、ある波長の光を被検部に照射し、その試料からの出てくる照射光よりも波長の長い蛍光を観察することが一般的に行われている。また、被検部にあらかじめ蛍光物質を注入してこの蛍光物質を観察することも一般的である。しかしながら、上記の構成の従来の共焦点顕微鏡 150 においては、照射光と波長の異なる蛍光は、回折格子レンズ 169 を通ることによって照射光と異なる光路となり、この蛍光はシングルモードファイバ 156 端面で結像できず、シングルモードファイバ 156 にほとんど入射できず、従ってこの蛍光を検出することができないという問題がある。

【0015】これらの問題に対し、従来の顕微鏡レンズのように複数のレンズを用いて色収差を取り除くことも可能であるが、このような光学系は複数のレンズを用いる必要があり、必然的に大きくなり、小さく作り込むことは困難である。

【0016】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、容易な構成で波長が異なる光を同じ位置で焦点を結ばせ、カラー画像や蛍光画像を得ることのできる光走査型共焦点顕微鏡を提供することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の光走査型共焦点顕微鏡は、被検部に光を照射するための光源と、前記光源からの光を試料上で走査させる光走査部と、前記光走査部で走査された光の前記被検部からの戻り光を検出する光検出部とを備えた光走査型顕微鏡において、前記光走査部は、前記光源からの光を前記被検部に照射して焦点を結ばせるための少なくとも一つの凹面ミラーを具備して構成される。

【0018】本発明の光走査型共焦点顕微鏡では、前記凹面ミラーが前記光源からの光を前記被検部に照射して焦点を結ばせることで、容易な構成で波長が異なる光を同じ位置で焦点を結ばせ、カラー画像や蛍光画像を得ることを可能とする。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について述べる。

【0020】第 1 の実施の形態：図 1 ないし図 8 は本発明の第 1 の実施の形態に係わり、図 1 は光走査型共焦点顕微鏡の構成を示す構成図、図 2 は図 1 の先端構成部の構成を示す構成図、図 3 は図 2 のミラーユニットの構成を示す構成図、図 4 は図 3 のミラーユニットのスキャンミラーの製造方法を説明する第 1 の説明図、図 5 は図 3 のミラーユニットのスキャンミラーの製造方法を説明する第 2 の説明図、図 6 は図 1 の光検出部の構成を示す構

成図、図 7 は図 1 の制御部の構成を示す構成図、図 8 は図 3 のミラーユニットによる焦点走査を説明する説明図である。

【0021】（構成）図 1 に示すように、本実施の形態の光走査型共焦点顕微鏡 1 は、光源部 2、光伝達部 3、光走査部としての先端構成部 4、光検出部 5 及び制御部 6 によって構成される。

【0022】光源部 2 は、400 nm～750 nm に渡る複数の発振線を有する白色レーザ光源 7 からなり、このレーザ光源 7 は、電気ケーブル 8 を介して制御部 6 に接続されている。

【0023】また、光伝達部 3 は、シングルモードファイバ 9 からなり、光を双方向に分岐する 4 端子カブラ 10 によって構成され、前記レーザ光源 7 からのレーザ光は 4 端子カブラ 10 の 4 つの端部のうちの 1 つの端部 11a に入射される。この 4 端子カブラ 10 の他の 1 つの端部 11c は先端構成部 4 に接続され、前記レーザ光を先端構成部 4 の内部に伝えるように構成されている。また、他の 4 端子カブラ 10 の端部のうち、別の端部 11d はアイソレータ 12 に接続され、さらに別の端部 11b は光検出部 5 に接続されている。

【0024】図 2 に示すように、先端構成部 4 は、本体 21、ミラーユニット 22 及び図中の Z 軸方向に可動な Z 軸アクチュエータ 23 からなり、本体 21 は透明な窓部 24 を有している。Z 軸アクチュエータ 23 は、バイモルフ型の圧電アクチュエータによって構成され、電圧を印加することによってミラーユニット 22 を方向 25 へアクチュエーションする。Z 軸アクチュエータ 23 の一端は本体 21 に接着され、この Z 軸アクチュエータ 23 からの配線は電気ケーブル 8 を通って図 1 に示した制御部 6 へと接続されている。

【0025】図 3 に示すように、ミラーユニット 22 は、Z 軸アクチュエータ 23 の端部に接触されたシリコン基板 43 と、前記シリコン基板 43 に接着したプレート 44 と、前記プレート 44 に接着されたスペーサ 45 と、スペーサ 45 に接着された上板 46 とによって構成されている。このプレート 44 には、シングルモードファイバ 9 の端部 11c が固定される。シリコン基板 43 とプレート 44 によって、ミラー 47 及びスキャンミラー 48 が構成されており、スキャンミラー 48 はいわゆるジンバルミラーである。また、スペーサ 45 はミラー部 49 を有し、上板 46 は凹面ミラー 50 を有する。

【0026】ここで、シングルモードファイバ 9 から出射される光が、最初にスペーサ 45 のミラー 49 で反射し、次にミラー 47 で反射し、続いて上板 46 に設けられた凹面ミラー 50 に反射し、最後にスキャンミラー 48 に反射したのちに上板 46、本体 21 の窓部 24 を透過し、焦点 51 を結ぶように導かれるような位置関係にそれぞれが構成されている。

【0027】シリコン基板 43 は低抵抗値（約 10 Ω・cm

m以下)のものを用い、くぼみ52を形成する部分以外の表面をレジスト等によりマスクを形成して、KOHあるいはTMAH等の異方性湿式エッチング法、あるいはドライエッチング法によりくぼみ52を形成する。くぼみ52の深さについては、スキャンミラー48の可動範囲をカバーするような深さに設定する。

【0028】また、プレート44はシリコンからなり、プレート44はシリコン基板43上に、シリコン基板43の表面に形成したSiO₂等の基板上の酸化物質(図示せず)を介在するようにして接合させる。ここで、該プレート44とシリコン基板43は図示しない絶縁膜層により電氣的に絶縁されている。

【0029】そして、プレート44はシリコン基板43との接合後に、スキャンミラー48等を加工形成する。すなわち、プレート44の表面に、まず窒化膜をCVD (Chemical Vapor Deposition) 法等により形成し、スキャンミラー48を形成するために、窒化膜をホトリソグラフィ法/エッチング法により加工する。

【0030】この時のスキャンミラー48を上方から見た平面図を図4に示す。図4の黒塗り部53aは、プレート44をエッチング法により加工する際に、マスクとなる窒化膜を設けなかった部分、つまり窒化膜が除去されている部分であり、白い部分は窒化膜により覆われている。

【0031】この黒塗り部53aに対応するプレート44を加工する前に、アルミニウムなどの金属薄膜をデポジションし、ホトリソグラフィ法によりパターンニングすることにより、選択的に導電膜層を形成する。この導電膜層としては、図5に示すように、スキャンミラー48の電極54a、54b、54c、54d、ミラー47、配線55a、55b、55c、55d等が含まれる。ここで、この電極54a、54b、54c、54dはミラーの役割も兼ねる。

【0032】導電層を成膜・加工した後、シリコン窒化*

*膜をマスクにしてプレート44をエッチングしてスキャンミラー48等を形成する。なお、エッチング液、あるいはエッチングガスが電極54a等をおかす場合には、これら導電パターン上をレジスト等を用いて保護すればよい。

【0033】このエッチング処理により、図4に示した窒化膜に覆われていない黒塗り部53aに対応したプレート44の部分が除去され、ジンバル構造のスキャンミラー48が形成される。スキャンミラー48のヒンジ部56、57は、両側からアンダーエッチされることにより窒化膜部分のみが残って形成され、このヒンジ部56、57を軸にしてスキャンミラー48の中心部58がX方向、Y方向2次元に回転できるようになる。

【0034】また、電極54a、54b、54c、54dは、それぞれ配線55a、55b、55c、55dを介して電気ケーブル8に接続され、この電気ケーブル8を介して電氣的に制御部6に接続されている。

【0035】図3に戻り、スペーサ45はシリコンから成り、ホトリソグラフィ法とエッチング法によりシリコンをエッチングして開口部を作ると共に、同時にシングルモードファイバ9をガイドして固定する部分も形成し、シリコン加工後、スパッタ法や蒸着法等により開口部側部内面にミラー49を形成する。なお、ミラー49がアルミニウムよりなる場合、その厚さは150~200nmが最適である。

【0036】一方、上板46は、微細な放電加工によって製作される金型による射出成形によって形成される。上板46に設けられた凹面ミラー50の形状は、球面でもかまわないが、非点収差及びコマ収差が発生する。そこで、非点収差を低減するために凹面ミラー50をアナモフィック面に設定したほうが良く、アナモフィック面の形状は以下の式で示される。

【0037】

【数1】

$$Z = \frac{CUY \times S^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + KX) \times CUX^2 \times X^2 - (1 + KY) \times CUY^2 \times Y^2} + AR2 \times \{(1 - AP2) \times X^2 + (1 + AP2) \times Y^2\} + AR4 \times \{(1 - AP4) \times X^2 + (1 + AP4) \times Y^2\}^2 + \vdots + AR10 \times \{(1 - AP10) \times X^2 + (1 + AP10) \times Y^2\}^5}$$

$$S^2 = X^2 + Y^2$$

$$CUX = X \text{ 方向曲率}$$

$$CUY = Y \text{ 方向曲率}$$

$$K = \text{面鏡係数}$$

$$AR2 \sim AR10 = \text{回転対称項非球面形状係数}$$

$$50 \quad AP2 \sim AP10 = \text{非回転対称項非球面係数}$$

さらにコマ収差の発生も抑えるために、主光線方向に対する光線の非対称性を低減させるような形状を凹面ミラー50の形状として設定しても良い。

【0038】そして、この凹面ミラー形状データに基づいて、金型を微細放電加工により製作し、この金型を用いてポリカーボネードを射出成形する。さらにこの凹面部にのみアルミ膜を蒸着し、凹面ミラー50を形成することによって上板46を製作する。

【0039】光検出部5は、図6に示すように、4端子カブラ10の端部11bの延長線方向に、コリメートレンズ60、ダイクロックミラー61a、61b、61cが設けられて構成される。

【0040】ここで、ダイクロックミラー61aは波長が500nm以下の光を反射させ、500nm以下の光を透過させる性質を持っている。また、ダイクロックミラー61bは波長が600nm以下の光を反射させ、600nm以上の光を透過させる性質を持っており、ダイクロックミラー61cは波長が700nm以下の光を反射させ、700nm以上の光を透過させる性質を持っている。

【0041】また、検出部5には、各ダイクロックミラー61a、61b、61cで反射した光が集光されるように集光レンズ62a、62b、62cが配置されている。また、集光レンズ62a、62b、62cで集光された光が入射するようにフォトディテクタ63a、63b、63cが設けられている。これらのフォトディテクタ63a、63b、63cの出力は電気ケーブル8を介して制御部6へ接続されている。

【0042】制御部6は、図7に示すように、レーザ光源7を駆動制御するレーザ駆動回路64と、電極53a、53b、53c、53dに接続されスキャンミラー48を駆動しXY走査を行うXY駆動回路65と、Z軸アクチュエータ23を駆動しZ走査を行うZ駆動回路66、フォトディテクタ63a、63b、63cからの検出信号を増幅する増幅回路67と、XY駆動回路65及びZ駆動回路66から駆動信号を入力し増幅回路67が増幅した検出信号に基づき走査画像を生成する画像処理回路68と、画像処理回路68が生成した走査画像を表示するモニタ69と、画像処理回路68が生成した走査画像を記録する記録装置70によって構成されている。

【0043】(作用)レーザ駆動回路64により駆動された白色レーザ光源7は、複数の波長を含むレーザ光を照射し、この光は集光レンズ(図示しない)によって4端子カブラ10の1端11aに集光される。4端子カブラ10によってレーザ光は、2つに分岐され、そのうちの1つは、4端子カブラ10の端部11dからアイソレータ12に導かれる。アイソレータ12によりこの端部11dから4端子カブラ10へ戻る光はほとんど無くなる。

【0044】もう一方のレーザ光は、4端子カブラ10の端部11cから先端構成部4のミラーユニット22へと導かれる。このレーザ光は、図3のようにミラー49で反射し、次にミラー47にて反射し、続いて凹面ミラー50に反射する。さらにこのレーザ光はスキャンミラー48に反射し、凹面ミラー50の集光作用によって、焦点51を結ぶ。この焦点位置に物体があって光が反射される場合、反射光は入射光と同じ光路を通り、再び4端子カブラ10の端部11cに入射される。

【0045】なお、この焦点51以外からの反射光は、入射光と同じ光路を通ることができず、シングルモードファイバ9の端部11cに入射できない。つまり、このシングルモードファイバ9の端部11cが小さいピンホールの働きをし、共焦点顕微鏡と同等の解像度を持つようになる。

【0046】また、この状態で制御部6のXY駆動回路65によってスキャンミラー48の電極54a、54bを交互に正に帯電させ、シリコン基板43をグランドに接続すると、スキャンミラー48の電極54a、54bはそれぞれ正に帯電させた時には静電気力で基板と引き合い、スキャンミラー48の中心部58はヒンジ57を回転軸にして振動する。これにともなって、図3に示すように、レーザ光の焦点51の位置は走査面のX方向(紙面に垂直方向)に走査される。また、電極54c、54dを、交互に正の電荷を帯電させることによって、スキャンミラー48の中心部58はヒンジ56を回転軸にして振動する。これにともなってレーザ光の焦点51の位置は走査面のY方向(X方向に垂直)に走査される。

【0047】ここでY方向の振動の周波数を、X方向の走査の周波数よりも充分に遅くし、適切なタイミングで制御することで、焦点51は図8のように対象物面を順に走査する。これにともなって、この対象物面の各点の反射光が4端子カブラ10の端部11cによって伝えられる。

【0048】この端部11cからシングルモードファイバ9に入射された光は、4端子カブラ10によって二手に分けられ、レーザ光源7とは別の端部11bより出射される。

【0049】この光がコリメータレンズ60によって平行光になり、ダイクロックミラー61aに入射する。ここでダイクロックミラー61aで波長が500nm以下の青色の光は反射し、波長が500nm以上の光は透過する。同様にダイクロックミラー61bでは波長が500nm以上600nm以下の緑色の光は反射し、波長が600nm以上の光は透過する。さらにダイクロックミラー61cでは波長が600nm以上750nm以下の赤色の光が反射される。

【0050】さらに、これらのダイクロックミラー61a、61b、61cで反射した光は、それぞれ集光レン

ズ 62a, 62b, 62c で集光され、それぞれフォトディテクタ 63a, 63b, 63c に入射する。ここで、フォトディテクタ 63a, 63b, 63c は入射された光の強度に応じた電気信号を出力し、これらの電気信号は制御部 6 の増幅回路 67 で増幅される。ここで増幅された信号は、画像処理回路 68 に送られる。画像処理回路 68 では、XY 駆動回路 65 の駆動波形を参照して、どの焦点位置からの信号出力であるかを計算し、さらにこの点における反射光の強さと色合いを計算し、モニタ 69 に表示させる。これらを繰り返すことによって走査面の反射光をモニタ 69 に画像化する。また、必要に応じて画像データを記録装置 70 に記録する。

【0051】また、Z 駆動回路 66 で、Z 軸アクチュエータ 23 を駆動することによって、焦点位置を Z 方向に移動させることができる。この状態で上記のように画像の取り込みを行うことによって、試料の Z 方向に移動した別の断面を観察することができる。さらに、画像処理回路 68 は Z 方向に位置の異なる複数の走査画像のデータと、各画像における Z 軸駆動回路 66 の出力を適宜記録装置 70 に記録し、これらを参照することによって 3 次元画像を構築し、モニタに表示することもできる。

【0052】なお、凹面ミラーは凹面ミラー 50 の代わりに、ミラー 49 に設けても良いし、ミラー 47 に設けても良い。

【0053】(効果) このように本実施の形態では、小さなスキャンミラー 48 とシングルモードファイバ 9 を用いることにより、非常に小型な光走査型共焦点顕微鏡 1 を構成することができ、光の伝達にシングルモードファイバ 9 を用いているので、細い構成でしかも柔軟に光を導ける。

【0054】また、光に焦点を結ばせるために凹面ミラー 50 を用いているので、コンパクトな構成で、複数の波長成分を持つ光を、同じ位置に焦点を結ばせることができ、さらに、光検出部 5 にダイクロックミラーを用いているので、複数の波長成分を持つ検出光を容易に分光することができ、画像のカラー化を行うことができる。

【0055】第 2 の実施の形態：図 9 ないし図 11 は本発明の第 2 の実施の形態に係わり、図 9 は光走査型共焦点顕微鏡の構成を示す構成図、図 10 は図 9 の先端構成部のミラーユニットの構成を示す構成図、図 11 は図 9 の光検出部の構成を示す構成図である。

【0056】第 2 の実施の形態は、第 1 の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【0057】(構成) 本実施の形態では、図 9 において、光源部 90、先端構成部 91 のミラーユニット及び光検出部 92 の構成が第 1 の実施の形態と異なる。

【0058】すなわち、本実施の形態では、光源部 90 は、波長 780nm のダイオードレーザ 93 によって構成され、レーザ光を 4 端子カブラ 10 のシングルモード

ファイバ 9 に入射可能に接続されている。

【0059】また、先端構成部 91 は、図 10 に示すようにミラーユニット 94 の構成が第 1 の実施の形態と異なり、ミラーユニット 94 は、シリコン基板 43 と、前記シリコン基板 43 に接着したプレート 44 と、前記プレート 44 に接着されたスペーサ 95 とによって構成され、シリコン基板 43 とプレート 44 には、第 1 の実施の形態と同様のジンバル構造のスキャンミラー 48 が設けられている。

【0060】そして、スペーサ 95 には第 1 の実施の形態の上板 46 の同じ製作方法により製作されたプレート 44 側が開口した中空部 96 が形成され、この中空部 96 の側部内面に凹面ミラー 50 が設けられている。

【0061】また、光検出部 92 は、図 11 に示すように、4 端子カブラ 10 の端部 11b に出射方向に、コリメートレンズ 60 と、800nm 以上の光を透過しその以下の波長の光は遮断するフィルタ 97 と、フィルタ 97 を介した光を集光させる集光レンズ 98 と、集光レンズ 98 により集光した光を検出するディテクタ 99 からなる。

【0062】その他の構成は第 1 の実施の形態と同じである。

【0063】(作用) 本実施の形態のミラーユニット 94 では、シングルモードファイバ 9 の端部 11c から出射した光は、凹面ミラー 50 とスキャンミラー 48 とを反射し、凹面ミラー 50 の作用で試料に対して焦点 51 を結ぶ。そして、試料から反射光の他に、反射光より波長が長い蛍光が発せられる場合には、反射光と蛍光は入射光と同じ光路を通過して 4 端子カブラ 10 の端部 11c に入射される。なお、試料にはあらかじめ蛍光物質を注入しておいても良い。

【0064】これらの光は、4 端子カブラ 10 の端部 11b から出射されるが、反射光はフィルタ 97 を透過できず、蛍光のみがフィルタ 97 を透過して、集光レンズ 98 で集光されてディテクタ 99 で検出される。

【0065】ディテクタ 99 で検出された信号は、第 1 の実施の形態と同様の方法で試料の蛍光像が画像化される。

【0066】その他の作用は第 1 の実施の形態と同じである。

【0067】(効果) このように本実施の形態では、第 1 の実施の形態の効果に加え、試料からの蛍光を容易に画像化できる。

【0068】また、ミラーユニット 94 においては、上板をスペーサ 95 と一体に構成したので、部品点数が少なくなり、組立がよりも容易になる。さらに、スキャンミラー 48 と凹面ミラー 50 のみにより光を反射させて焦点 51 を結ばせるようにしているので、光の反射する回数を少なくすることができ、より小さく構成することが可能となる。

【0069】第3の実施の形態：図12及び図13は本発明の第3の実施の形態に係わり、図12は先端構成部のミラーユニットの構成を示す構成図、図13は図12のスペーサの構成を示す斜視図である。

【0070】第3の実施の形態は、第1の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【0071】（構成）本実施の形態では、図12に示すように、ミラーユニット101の構成が第1の実施の形態と異なり、ミラーユニット101は、シリコン基板43と、前記シリコン基板43に接着したプレート44と、前記プレート44に接着されたスペーサ95とによって構成され、シリコン基板43とプレート44には、第1の実施の形態と同様のジンバル構造のスキャンミラー48を構成する2枚の可動ミラー102、103が形成され、可動ミラー102、103の回転軸は直交するように構成されており、可動ミラー102でX方向に、可動ミラー103でY方向に光が走査されるように構成されている。

【0072】そして、スペーサ95には第1の実施の形態の上板46の同じ製作方法により製作されたプレート44側が開口した中空部96が形成され、図13に示すように、この中空部96の底部内面に円筒状ミラー104が、側部内面に円筒状ミラー105が設けられている。この円筒状凹面ミラー104、105の形状は、第1の実施の形態のアナモフィック面をそれぞれX方向、Y方向のみに集光するように展開した形状とし、同じ位置で焦点106を結ぶように構成されている。

【0073】その他の構成は第1の実施の形態と同じである。

【0074】（作用）本実施の形態では、円筒状ミラー104によって光はX方向に集光され、円筒状ミラー105によって光はY方向に集光され、焦点106を結ぶ。

【0075】また、可動ミラー102によって焦点106はX方向に、可動ミラー103によって焦点106はY方向に走査される。

【0076】その他の作用は第1の実施の形態と同じである。

【0077】（効果）このように本実施の形態では、第1の実施の形態の効果に加え、形状が簡単な2つの円筒状ミラー104、105を用いてそれぞれの方向ごとに集光しているので、製作を容易に行うことができる。

【0078】また、ミラーユニット94においては、上板をスペーサ95と一体に構成したので、部品点数が少なくなり、組立がよりも容易になる。

【0079】なお、スキャンミラーにアナモフィック面を構成しても良い。この場合、アナモフィック面を有するミラーはあらかじめ前出の方法と同様に金型を用いて射出成型で製作しておき、それを可動ミラーに接着して

構成しても良い。

【0080】〔付記〕

（付記項1）被検部に光を照射するための光源と、前記光源からの光を試料上で走査させる光走査部と、前記光走査部で走査された光の前記被検部からの戻り光を検出する光検出部とを備えた光走査型顕微鏡において、前記光走査部は、前記光源からの光を前記被検部に照射して焦点を結ばせるための少なくとも1つの凹面ミラーを具備することを特徴とする光走査型共焦点顕微鏡。

【0081】（付記項2）前記光走査部は、前記光源からの光を2次元走査可能は少なくとも1つのスキャンミラーを有することを特徴とする付記項1に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0082】（付記項3）前記光走査部は、前記スキャンミラーの2次元走査面の垂直方向に前記光源からの光を走査する垂直走査手段を有することを特徴とする付記項2に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0083】（付記項4）前記スキャンミラーは、静電気力で駆動されることを特徴とする付記項2または3に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0084】（付記項5）前記スキャンミラーは、ジンバル構造を持つことを特徴とする付記項2または3に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0085】（付記項6）前記スキャンミラーは、磁気力で駆動されることを特徴とする付記項2または3に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0086】（付記項7）前記凹面ミラーと前記スキャンミラーは、一体であることを特徴とする付記項2に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0087】（付記項8）前記凹面ミラーは、アナモフィック面で構成されていることを特徴とする付記項1に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0088】（付記項9）前記凹面ミラーは2枚の前記凹面ミラーによって構成され、それぞれの前記凹面ミラーによって、前記光源からの光が互いに直交する方向にそれぞれ集光されることを特徴とする付記項1に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0089】（付記項10）前記光源と光走査部は、光ファイバで光学的に結合されていることを特徴とする付記項1に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0090】（付記項11）前記光ファイバは、シングルモードファイバであることを特徴とする付記項11に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0091】（付記項12）前記光源と前記光走査部の間に、光路を少なくとも2つに分割する分岐手段を有し、前記分岐手段は、前記被検部からの前記戻り光を少なくとも2方向に分けることを特徴とする付記項1に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0092】（付記項13）前記分岐手段によって2方向に分けられた光路の1つが、前記光検出部に接続さ

れていることを特徴とする付記項 12 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0093】(付記項 14) 前記分岐手段は、4 端子カブラからなることを特徴とする付記項 12 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0094】(付記項 15) 前記光検出部は、波長によって光を分光する分光手段を有することを特徴とする付記項 1 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0095】(付記項 16) 試料に光を照射するための光源と、前記光源からの光を走査させる光走査部と、前記走査部で走査された前記試料からの戻り光を検出する光検出部とからなる光走査型顕微鏡において、前記光検出部は、波長によって前記戻り光を分光する分光手段を有することを特徴とする光走査型共焦点顕微鏡。

【0096】(付記項 17) 前記光走査部は、前記光源からの光を 2 次元走査可能な少なくとも 1 つのスキャンミラーを有することを特徴とする付記項 16 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0097】(付記項 18) 前記光走査部は、前記スキャンミラーの 2 次元走査面の垂直方向に前記光源からの光を走査する垂直走査手段を有することを特徴とする付記項 17 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0098】(付記項 19) 前記スキャンミラーは、静電気力で駆動されることを特徴とする付記項 16 または 17 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0099】(付記項 20) 前記スキャンミラーは、ジンバル構造を持つことを特徴とする付記項 16 または 17 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0100】(付記項 21) 前記スキャンミラーは、磁気力で駆動されることを特徴とする付記項 16 または 17 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0101】(付記項 22) 前記光源と光走査部は、光ファイバで光学的に結合されていることを特徴とする付記項 16 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0102】(付記項 23) 前記光ファイバは、シングルモードファイバであることを特徴とする付記項 22 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0103】(付記項 24) 前記光源と前記光走査部の間に、光路を少なくとも 2 つに分割する分岐手段を有し、前記分岐手段は、前記被検部からの前記戻り光を少なくとも 2 方向に分けることを特徴とする付記項 16 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0104】(付記項 25) 前記分岐手段によって 2 方向に分けられた光路の 1 つが、前記光検出部に接続されていることを特徴とする付記項 24 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0105】(付記項 26) 前記分岐手段は、4 端子カブラからなることを特徴とする付記項 24 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0106】(付記項 27) 前記分光手段は、前記戻

り光の波長に依存して反射および透過を行うダイクロックミラーを 1 枚以上有することを特徴とする付記項 16 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0107】(付記項 28) 前記ダイクロックミラーは、前記戻り光を赤、青、緑を分光し、前記光検出部は、前記ダイクロックミラーにより分光されたそれぞれの前記戻り光を検出するディテクタを有することを特徴とする付記項 27 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0108】(付記項 29) 前記分光手段は、特定の波長のみを透過し、前記光源の波長の光は透過しないフィルタを 1 枚以上有することを特徴とする付記項 16 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0109】(付記項 30) 前記光源は、複数の波長成分の光を発生することを特徴とする付記項 16 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0110】(付記項 31) 前記光源からの光は、白色光であることを特徴とする付記項 16 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0111】(付記項 32) 前記光源は、レーザ光を発生することを特徴とする付記項 16 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0112】(付記項 33) 前記光源は、波長が 780 nm 付近のレーザ光を発生する半導体レーザからなり、前記分光手段は、波長が 800 nm 以上の光のみを透過するフィルタからなることを特徴とする付記項 32 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0113】(付記項 34) 前記光源は、時分割で異なる波長の光を発生することを特徴とする付記項 16 に記載の光走査型共焦点顕微鏡。

【0114】

【発明の効果】以上説明したように本発明の光走査型共焦点顕微鏡によれば、凹面ミラーが光源からの光を被検部に照射して焦点を結ばせるので、容易な構成で波長が異なる光を同じ位置で焦点を結ばせ、カラー画像や蛍光画像を得ることできるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光走査型共焦点顕微鏡の構成を示す構成図

【図 2】 図 1 の先端構成部の構成を示す構成図

【図 3】 図 2 のミラーユニットの構成を示す構成図

【図 4】 図 3 のミラーユニットのスキャンミラーの製造方法を説明する第 1 の説明図

【図 5】 図 3 のミラーユニットのスキャンミラーの製造方法を説明する第 2 の説明図

【図 6】 図 1 の光検出部の構成を示す構成図

【図 7】 図 1 の制御部の構成を示す構成図

【図 8】 図 3 のミラーユニットによる焦点走査を説明する説明図

【図 9】 本発明の第 2 の実施の形態に係る光走査型共焦点顕微鏡の構成を示す構成図

【図10】図9の先端構成部のミラーユニットの構成を示す構成図

【図11】図9の光検出部の構成を示す構成図

【図12】本発明の第3の実施の形態に係る先端構成部のミラーユニットの構成を示す構成図

【図13】図12のスペーサの構成を示す斜視図

【図14】従来の光走査型共焦点顕微鏡の構成を示す構成図

【図15】図14の先端部の構成を示す構成図

【図16】図14の先端部の断面を示す断面図

【符号の説明】

1…光走査型共焦点顕微鏡

2…光源部

3…光伝達部

4…先端構成部

5…光検出部

6…制御部

7…レーザ光源

8…電気ケーブル

9…シングルモードファイバ

10…4端子コブラ

11a、11b、11c、11d…端子

12…アイソレータ

21…本体

22…ミラーユニット

* 23…Z軸アクチュエータ

24…窓部

43…シリコン基板

44…プレート

45…スペーサ

46…上板

47…ミラー

48…スキャンミラー

49…ミラー部

10 50…凹面ミラー

54a、54b、54c、54d…電極

55a、55b、55c、55d…配線

56、57…ヒンジ部

60…コリメートレンズ

61a、61b、61c…ダイクロックミラー

62a、62b、62c…集光レンズ

63a、63b、63c…フォトディテクタ

64…レーザ駆動回路

65…XY駆動回路

20 66…Z駆動回路

67…増幅回路

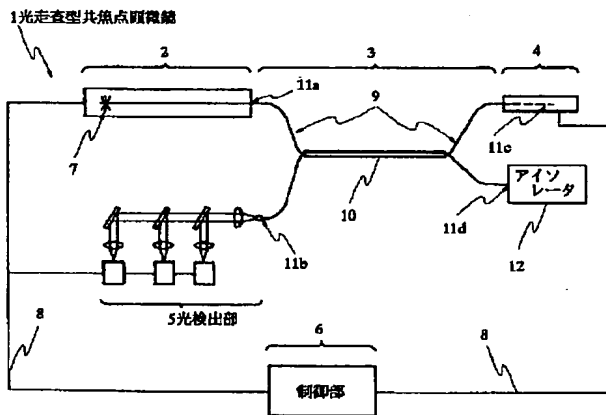
68…画像処理回路

69…モニタ

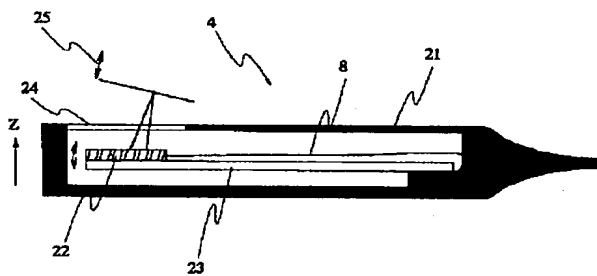
70…記録装置

*

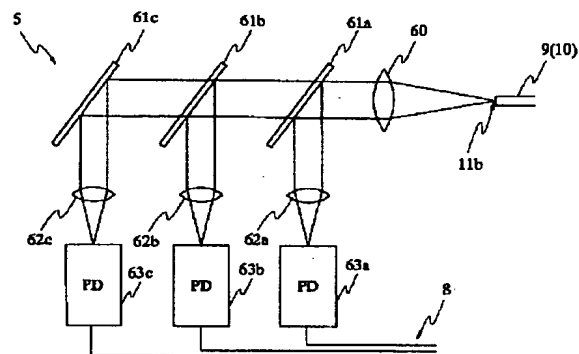
【図1】



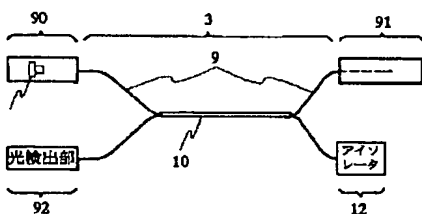
【図2】



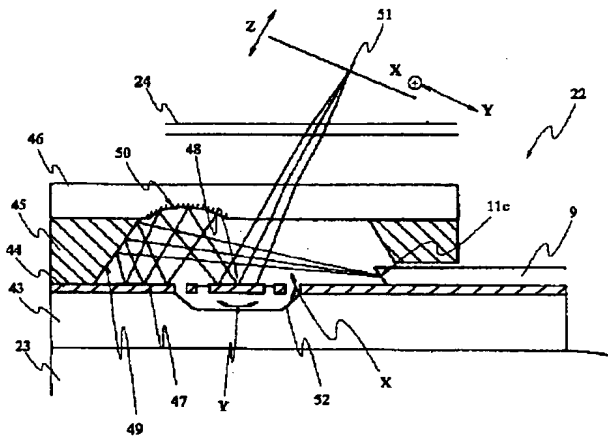
【図6】



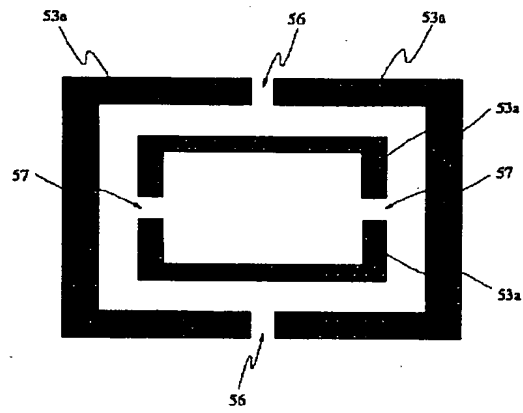
【図9】



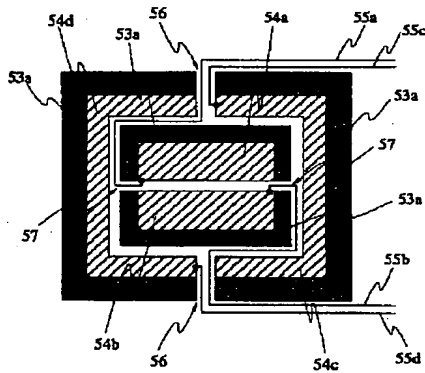
【図3】



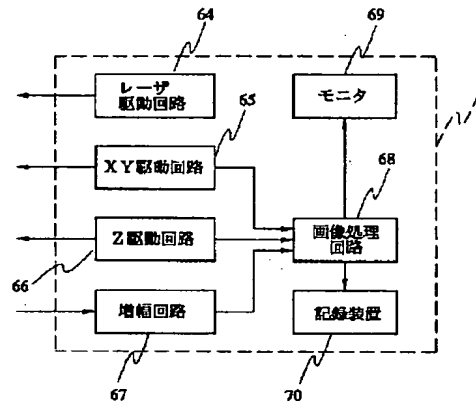
【図4】



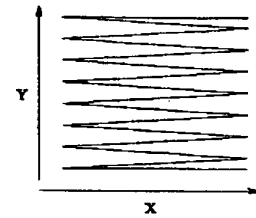
【図5】



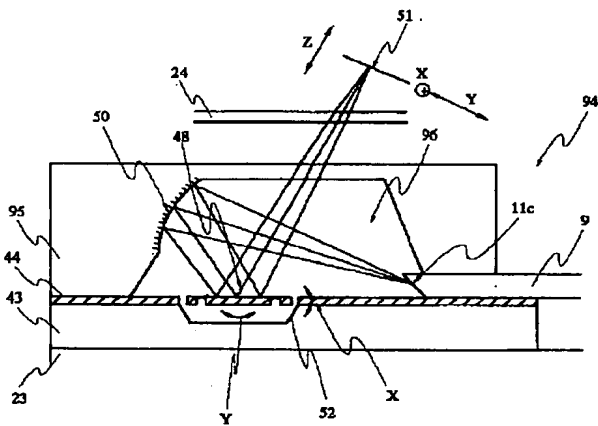
【図7】



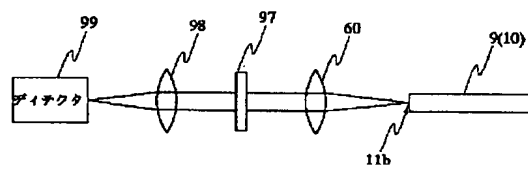
【図8】



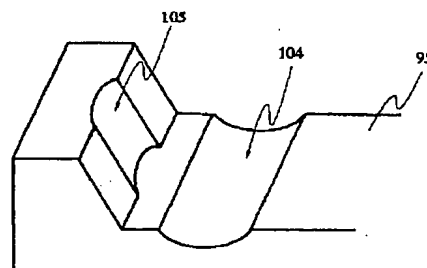
【図10】



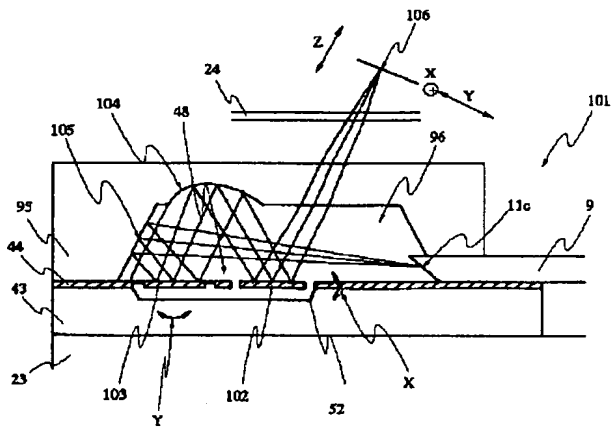
【図11】



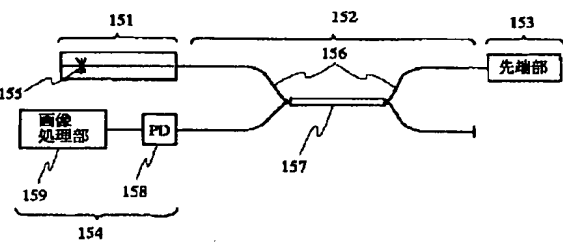
【図13】



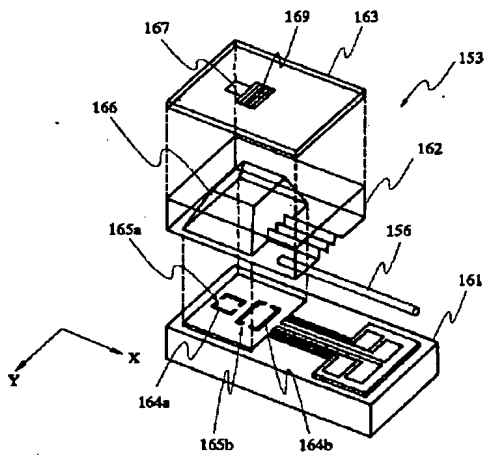
【図12】



【図14】



【図15】



【図16】

